

# **Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)**

International application number: PCT/EP05/050063

International filing date: 07 January 2005 (07.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 011 809.4

Filing date: 11 March 2004 (11.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 011 809.4

Anmeldetag: 11. März 2004

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Magnetsensoranordnung

IPC: G 01 R, G 01 D, G 01 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Oktober 2004

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to be "Schäfer", is written over a diagonal line. The signature is fluid and cursive.

Schäfer

R.307503

### Magnetsensoranordnung

#### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Magnetsensoranordnung, insbesondere zur Sensierung der Bewegung von linear oder rotatorisch bewegten Elementen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist an sich bekannt, dass magnetfeldempfindliche Sensoren in vielen Bereichen Anwendung finden, bei denen eine berührungsreie Detektierung einer Bewegung gewünscht ist. Dabei kann es sich sowohl um eine Rotationsbewegung als auch eine Linearbewegung handeln. Zu unterscheiden sind hier zwei grundlegend verschiedene Messprinzipien. Zum einen lässt sich durch Anbringen eines oder mehrerer magnetischer Dipole als aktive Elemente auf dem zu detektierenden Element die Bewegung direkt durch das sich zeitlich ändernde Magnetfeld am Sensorort bestimmen. Im Gegensatz dazu wird bei passiven Geberelementen, die aus einem weichmagnetischen Material bestehen, das magnetische Feld durch einen Arbeitsmagneten erzeugt, der fest mit dem Sensor verbunden ist. Der Sensor misst die Änderung des Magnetfeldes des Arbeitsmagneten, die durch die Bewegung der Geberelemente hervorgerufen wird.

Neben der an sich bekannten Hall-Technologie zur Magnetfeldmessung werden vermehrt auch bei passiven Geberelementen im Kraftfahrzeughbereich alternativ sog. XMR-Technologien, d.h. magnetoresistive Messprinzipien, eingesetzt. Dabei ist zu beachten, dass XMR-Sensoren im Gegensatz zu Hall-Sensoren die sog. "in-plane"-Komponente des Magnetfeldes im Sensorelement detektieren. Bisher übliche XMR-Sensoren verwenden dazu einen Arbeitsmagneten, dessen Feld so abgeglichen werden muss, dass der Offset am Ort des sensitiven Elementes Null ist oder es wird ein sog. Backbias-Feld erzeugt, das den Arbeitspunkt des Sensors definiert.

Beispielsweise ist in der DE 101 28 135 A1 ein Konzept beschrieben, bei dem eine hartmagnetische Schicht in der Nähe, d.h. insbesondere auf und/oder unter einem magnetoresistiven Schichtstapel, deponiert wird. Diese hartmagnetische Schicht koppelt dann vorwiegend durch ihr Streufeld an die magnetosensitiven Schichten und erzeugt dabei ein sogenanntes Bias-Magnetfeld, das als Magnetfeld-Offset wirkt, so dass auch bei einer nur schwachen Variation eines dem internen Magnetfeld überlagerten externen Magnetfelds eine gut messbare und relativ große Veränderung des eigentlichen Messwertes, der als Widerstandsänderung in der Schichtanordnung detektiert wird, erreichbar ist.

Die zuvor beschriebenen Sensoren werden in an sich bekannter Weise zur Drehzahlerfassung, beispielsweise in der Kraftfahrzeugtechnik, oft in einer sogenannten Gradiometeranordnung ausgeführt. Das heißt je zwei Zweige einer Wheatstoneschen Messbrücke sind in vorgegebenem Abstand angeordnet, so dass ein homogenes Magnetfeld kein Brückensignal bewirkt. Eine Variation des Magnetfelds im Bereich des vorgegebenen Abstands hingegen erzeugt ein Brückensignal. Damit misst der Sensor nur das Signal ei-

nes magnetischen Polrads, dessen Polpaarabstand in etwa dem vorgegebenen Gradiometerabstand entspricht.

Durch den Einsatz des Gradiometerprinzips in einer magnetoressistiven XMR-Messbrücke lässt sich im Gegensatz zu den absolut messenden XMR-Elementen eine Reduzierung der Empfindlichkeit der Sensoren gegenüber homogenen Störfeldern erreichen. Ein Abgleich der bisher eingesetzten Magnete, so dass an beiden Orten der Sensorelemente der Gradiometeranordnung der Offset eliminiert werden kann, lässt sich hier jedoch nicht mehr durchführen; ein elektronischer Abgleich ist zwar prinzipiell möglich, aber hier ist ein relativ kleines Signal auf großem Offset vorhanden.

#### Vorteile der Erfindung

Bei einer Weiterbildung einer Magnetsensoranordnung der eingangs angegebenen Art, weist die Magnetsensoranordnung erfindungsgemäß zwei Sensorelemente in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand angeordneten Permanentmagneten zugeordnet sind. Die Permanentmagnete sind in vorteilhafter Weise hinsichtlich ihrer Abmaße, ihres Abstandes und ihrer Positionen zu den Sensorelementen so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

Mit der Erfindung wird somit erreicht, dass die Auslegung eines Magnetkreises, der ein Arbeitsfeld für einen auf dem Gradiometerprinzip, d.h. mit einer Erfassung des Feldgradienten arbeitenden Sensors erzeugt, optimiert ist und somit einen offsetfreien Betrieb des Sensors bei Variation des magnetischen Feldes durch sich bewegende Gelenkelemente, insbesondere Zahnräder, ermöglicht. Dazu

wurde der Magnetkreis aus zwei Einzelmagneten zusammengesetzt, deren Felder sich so überlagern, dass die sog. "in-plane"-Komponenten des resultierenden magnetischen Feldes an den Gradiometerpositionen soweit reduziert werden, dass sie durch den Einfluss der passiven Geberelemente um die Nulllage variieren. Somit können sehr kleine Signale offsetfrei detektiert werden.

Dies ist besonders bei sehr empfindlichen magnetoresistiven XMR-Sensoren von Vorteil, die möglichst ohne eine Offset-Korrektur einen großen Arbeitsbereich, d.h. sehr große bis sehr kleine Feldstärken, abdecken sollen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind zwischen den Sensorelementen und den Permanentmagneten Homogenisierungsplatten angeordnet. Damit wird das Feld in der Ebene der Sensorelemente homogenisiert und die notwendige Positioniergenauigkeit der Sensorelemente gegenüber dem Magnetpaar zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Vorteilhaft ist es außerdem, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsform die Magnetisierung der Permanentmagneten abweichend von ihrer den Sensorelementen zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel  $\alpha$  gedreht ist.

Durch diese, durch die Schräglage des Feldes bedingte Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität durch ein sog. Bias-Feld maximal ist. Auch hierbei ist eine Anordnung von den zuvor erwähnten Homogenisierungsplatten in vorteilhafter Weise möglich.

Besonders vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei einer Magnetsensoranordnung zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades als Geberelement einsetzen, wobei das Rad, z.B. als Stahlrad, an seinem Umfang mit Zähnen zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung

versehen ist. Insbesondere bei einer Anwendung in einem Kraftfahrzeug ergeben sich Einsatzgebiete als Drehzahl-fühler am Rad oder an der Kurbelwelle, als Phasengeber an der Nockenwelle, als Drehzahlsensor im Getriebe oder als sonstige Linearweg-, Winkel- oder Näherungssensoren, bei denen die Magnetfeldänderungen durch bewegte metallische Elemente induziert werden.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipansicht einer Magnetsensoranordnung mit zwei Permanentmagneten, die jeweils einem magnetoressistiven Sensorelement in einer Gradiometieranordnung gegenüberliegen,

Figur 2 eine gegenüber der Figur 1 erweiterte Anordnung mit Homogenisierungsplatten,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel einer Magnetsensoranordnung mit zwei Permanentmagneten, die in Abwandlung zur Figur 1 ein abgewinkelt liegendes Magnetfeld aufweisen,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel nach der Figur 3 mit Homogenisierungsplatten entsprechend der Figur 2,

Figur 5 eine Ansicht einer Magnetsensoranordnung für ein mit Stahlzähnen versehenes Geberrad und

Figur 6 ein Diagramm des Verlaufs des Magnetfeldes in Abhängigkeit von der Position eines Zahnes bzw. einer Zahnlücke des Geberrades nach der Figur 5.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Prinzipansicht einer Magnetsensoranordnung 1 gezeigt, die zwei Permanentmagnete 2 und 3 aufweist, deren jeweiliges magnetisches Feld  $B$  mit hier angedeuteten Feldlinien in Richtung auf einen Sensor 4 ausgerichtet ist. Der Sensor 4 ist hier als XMR-Sensor ausgeführt und weist zwei magnetoresistive Sensorelemente 5 und 6 auf. Die Sensorelemente 5 und 6 sind in einer Gradiometeranordnung mit dem Gradiometerabstand  $GM$  dargestellt und erfassen die Änderungen des jeweiligen Feldgradienten, die z.B. durch ein metallisches Geberelement, z.B. ein in Figur 5 gezeigtes Zahnrad, das an der Magnetsensoranordnung 1 vorbeigeführt wird, verursacht wird.

Die Einstellung des optimalen Arbeitspunktes des Sensors 4 erfolgt über den Abstand  $a$  der Magnete 2 und 3 zueinander und kann an den Gradiometerabstand  $GM$  der Sensorelemente 5 und 6 angepasst werden. Weiterhin hängen die Feldlinienverläufe von den Abmaßen  $h$ ,  $b$  und  $t$  der Permanentmagnete 2 und 3 ab. Für einen festen Gradiometerabstand  $GM$ , z.B. 2,5 mm, kann hier beispielsweise Größe, Material und Anordnung der Permanentmagnete 2 und 3 so bestimmt werden, dass der Sensor 4 offsetfrei arbeitet und somit möglichst kleine Signale detektieren kann um wiederum einen möglichst großen Abstand zu einem Geberelement zu erreichen.

Ohne ein außen vorbeigeführtes Geberelement, z.B. ein Zahnrad, verlaufen die magnetischen Feldlinien der Magnetsensoranordnung 1 so, dass am Ort der Sensorelemente 5 und 6 eine kleine sog. "in-plane"-Komponente nach außen existiert. Durch den Einsatz z.B. eines sich bewegenden Zahnrads kommt es zu einer Variation des Magnetfeldes, wobei die "in-plane"-Komponenten um die Nulllage moduliert werden und damit ein offsetfreies Signal der Gradiometeranordnung erzeugen.

Aus Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem in Abwandlung zu dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 1 eine zusätzliche Homogenisierungsplatte 7 zwischen den Oberflächen der Permanentmagnete 2 und 3 und dem Sensor 4 angebracht ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird mit der Homogenisierungsplatte 7 das Feld in der Ebene des Sensors 4 homogenisiert und damit die notwendige Positioniergenauigkeit des Sensors 4 gegenüber dem Magnettaar 2, 3 zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Bei einigen Anwendungsbeispielen mit den zuvor beschriebenen magnetoresistiven XMR-Sensorelementen 5 und 6 benötigen die Sensorelemente eine konstante Vormagnetisierung. Durch diese Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente 5 und 6 in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität maximal ist. Realisiert wird dieses sog. Bias-Feld jeweils mit einem aus Figur 3 und 4 zu entnehmenden Ausführungsbeispiel.

Wie in den Figuren 3 und 4 gezeigt, wird dies durch eine Drehung der Magnetisierung B in den Permanentmagneten 2 und 3 um den Winkel  $\alpha$  realisiert. Dabei lassen sich auch hier, wie zuvor beschrieben, wiederum zwei Aufbauvarianten ohne (Figur 3) und mit einer Justageverbesserung durch eine Homogenisierungsplatte 7 (Figur 4) realisieren.

In Figur 5 ist ein Ausschnitt eines Modells dargestellt, bei dem die erfindungsgemäße Magnetsensoranordnung 1, beispielsweise nach der Figur 1, im Zusammenhang mit einem Geberrad 8, das mit Zähnen 9 versehen ist, angewendet wird. Als Beispiel ist in einem Diagramm nach Figur 6 ein Messergebnis dargestellt. Aufgetragen ist hier die sog. "in-plane"-Komponente des magnetischen Feldes  $B_x$  über der Gradiometerposition relativ zur Mitte des Sensors 4, je-

weils für einen Zahn 9 (Verlauf 10) und für eine Zahnlücke (Verlauf 11).

Es ist hier bei einem vorgegebenen konstruktiven Versuchsaufbau mit einem Gradiometerabstand GM von 2,5 mm zu erkennen, dass der Verlauf des Magnetfeldes  $B_x$  an der Sensorelementposition 1,25 mm für die zwei simulierten Positionen des Geberrades 8 (Zahn 9, Verlauf 10) und Lücke (Verlauf 11)) symmetrisch um die Nulllage erfolgt, das heißt, dass das Signal des jeweiligen Sensorelementes 5,6 offsetfrei ist.

R.307503

Patentansprüche

1) Magnetsensoranordnung mit

- magnetfeldempfindlichen Sensorelementen (5,6) deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, das durch ein bewegtes passives Geberelement (8) beeinflussbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Magnetsensoranordnung (1) zwei Sensorelemente (5,6) in einer Gradiometeranordnung aufweist, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand (a) angeordneten Permanentmagneten (2,3) zugeordnet sind,
- wobei die Permanentmagnete (2,3) hinsichtlich ihrer Abmaße, ihres Abstandes und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (5,6) so angeordnet sind, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (5,6) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

2) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- zwischen den Sensorelementen (5,6) und den Permanentmagneten (2,3) mindestens eine Homogenisierungsplatte (7) angeordnet ist.

3) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetisierung der Permanentmagneten (2,3) abweichend von ihrer den Sensorelementen (5,6) zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel ( $\alpha$ ) gedreht ist.

4) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetsensoranordnung (1) zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades (8) als Geberelement eingesetzt ist, wobei das Rad (8) an seinem Umfang mit Zähnen (9) zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung (1) versehen ist.

5) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Rad (8) ein Stahlrad ist.

6) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Sensorelemente (5,6) magnetoresistive XMR-Sensoren sind.

R.307503

Zusammenfassung

Es wird eine Magnetsensoranordnung (1) vorgeschlagen, bei der magnetfeldempfindliche Sensorelemente (5,6), deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, durch ein bewegtes passives Geberelement (8) beeinflusst werden. Die Magnetsensoranordnung (1) weist zwei Sensorelemente (5,6) in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand angeordneten Permanentmagneten (2,3) zugeordnet sind. Die Permanentmagnete (2,3) sind hinsichtlich ihrer Abmaße, ihres Abstandes und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (5,6) so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (5,6) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

(Figur 1)

Fig. 1

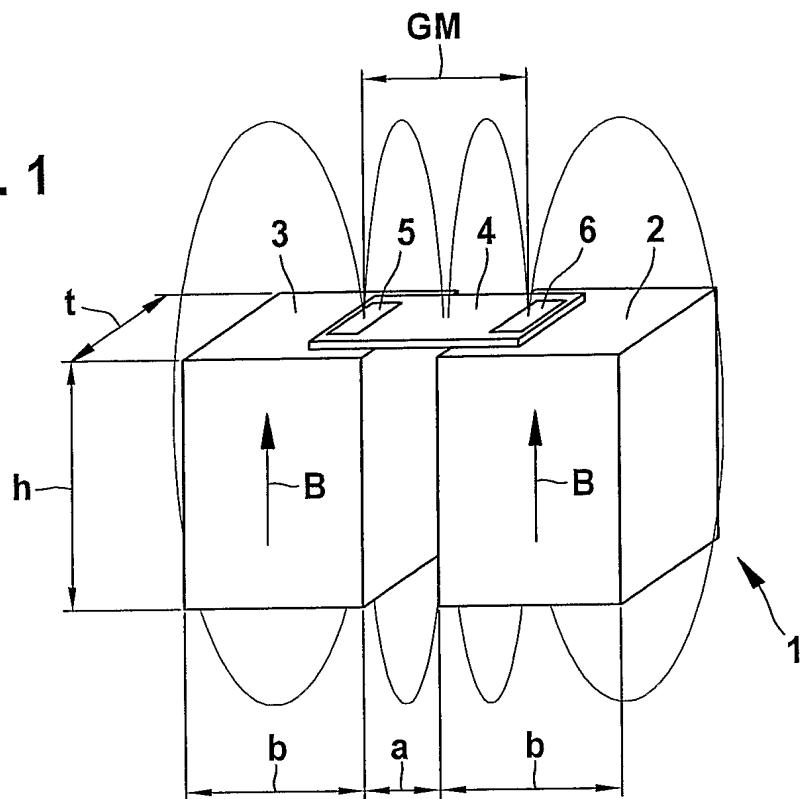


Fig. 2

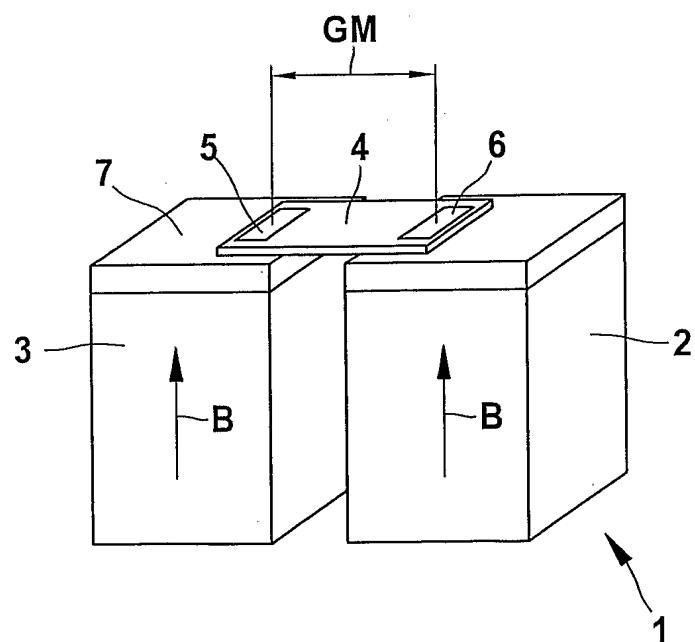


Fig. 3

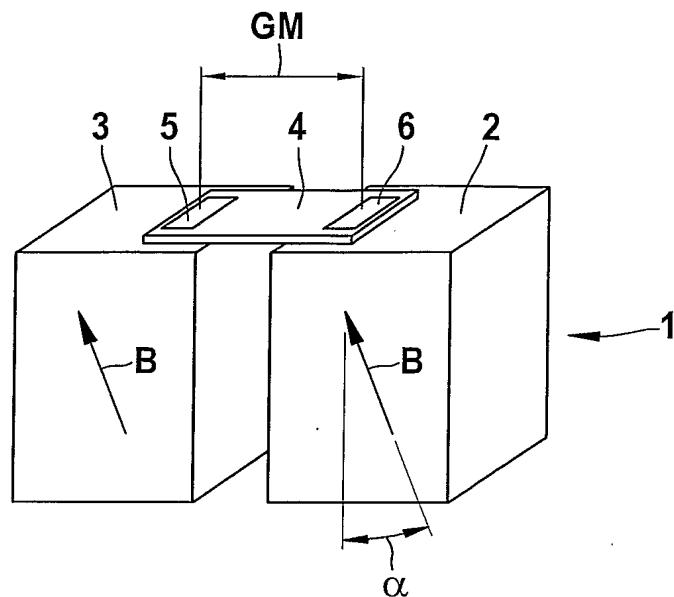
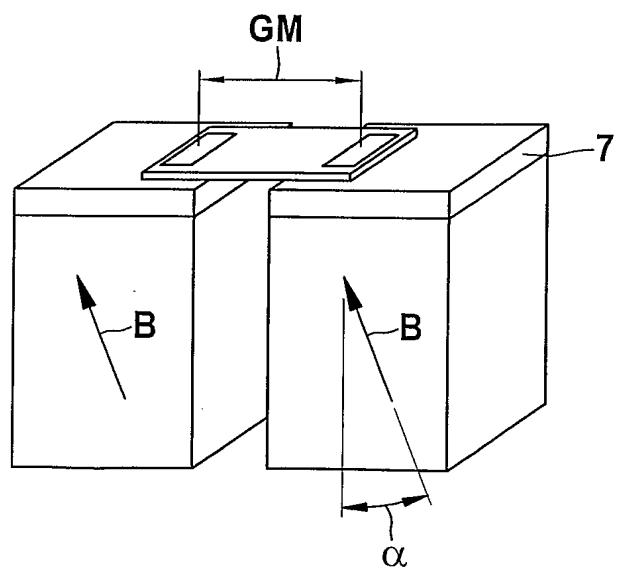


Fig. 4



R. 307305

3 / 3

Fig. 5

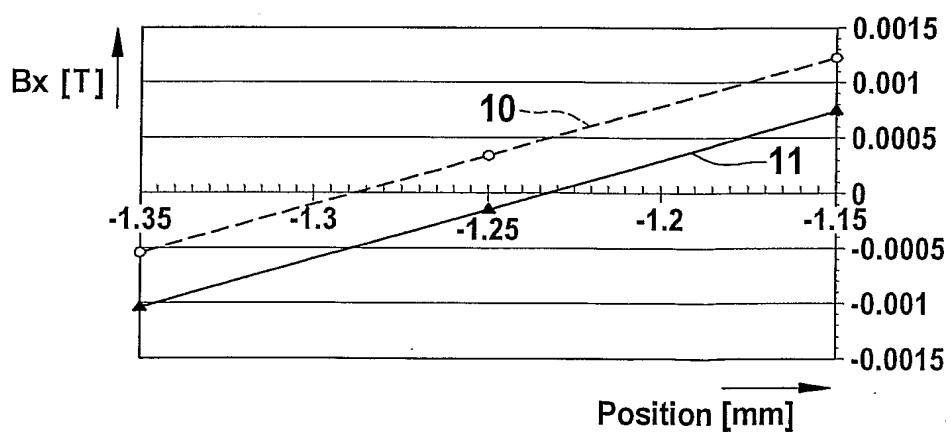
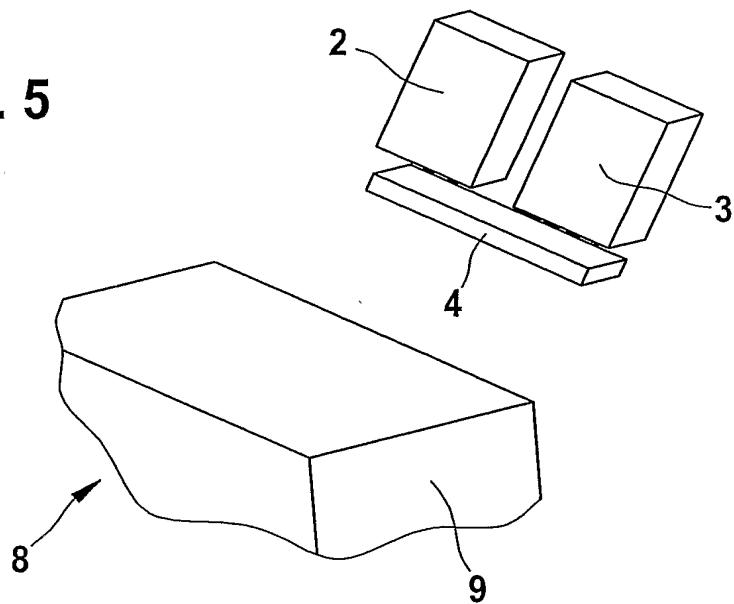


Fig. 6

28305/04